УДК 666.1.022.8

ПРИМЕНЕНИЕ КВАРЦЕВОГО КОНЦЕНТРАТА В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛИСТОВОГО СТЕКЛА

Н.С. Крашенинникова, О.В. Казьмина, И.В. Фролова

Томский политехнический университет
E-mail: kazmina@tpu.ru

Установлена принципиальная возможность использования кварцевого концентрата в производстве листового стекла. Рассмотрено влияние условий подготовки стекольной шихты с кварцевым концентратом на процесс варки и качество стекла. Установлено, что эффективным способом подготовки шихты на основе концентрата является уплотнение методом прессования, позволяющее увеличить скорость силикатообразования и получить стекла с заданными технологическими свойствами.

Кремнезем является основной составляющей большинства промышленных стекол. Его содержание в шихте составляет более 70 %. В качестве кремнеземсодержащего компонента стекольных шихт, кроме кварцевых песков, используют жильный кварц, кварцевые песчаники и кварциты.

В стекольном производстве предъявляются жесткие требования к качеству сырьевых материалов по их химическому, минералогическому и гранулометрическому составам. Основными критериями качества стекольного сырья является его химическая однородность, постоянство химического состава, а также ограниченное содержание в нем различного рода примесей.

В данной работе приведены результаты изучения возможности использования в производстве листового стекла кварцевого концентрата, получаемого при обогащении кварц-топазовых руд (месторождение Кемеровской области).

Сравнительный химический состав кварцевого концентрата и кварцевого песка, марки ВС-050-2, используемого в технологии производства листового стекла приведен в табл. 1 [1].

Кварцевый концентрат по содержанию оксида кремния удовлетворяет требованиям ГОСТ 22551-77, предъявляемым к кремнеземсодержащему сырью марки ВС-050-2. Повышенное содержание оксидов железа и титана, относящихся к красящим примесям, может привести к изменению колера стекла и снижению его светопропускания.

Гранулометрический состав концентрата, определенный методом ситового анализа, представлен на рисунке. Из полученных данных видно, что концентрат относится к мелкодисперсным материалам, так как более чем на 75 % он представлен частицами размером менее 0,1 мм. Оптимальными для стекловарения считаются пески с размером частиц от 0,1 до 0,4 мм [1]. Известно, что доизмельчение песка способствует ускорению процесса варки стекла. Однако повышенное содержание в песке пылевидных частиц может увеличить зону варки. Кроме того, в случае использования мелкодисперсных сырьевых материалов в составных цехах образуется большое количество высокодисперсной пыли (свыше 50 % пылинок размером менее 1 мкм), которая является наиболее опасной для человека по фиброгенному действию. Содержание свободного диоксида кремния в витающей пыли зависит от вида обрабатываемых материалов и колеблется от 0,2 до 20 % и реже от 20 до 70 % [2].

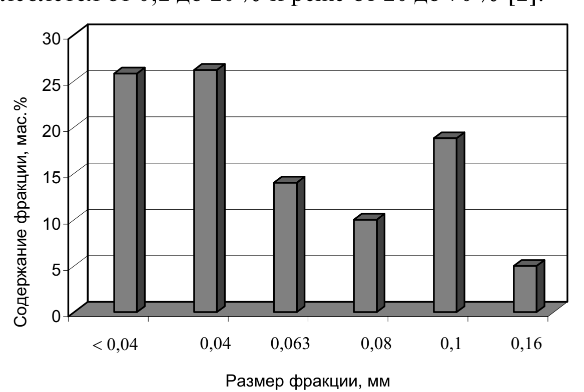


Рисунок. *Гранулометрический состав кварцевого концентрата*

Известно, что размер и форма зерен кварцевого песка оказывают существенное влияние на скорость варки и на количество пороков в стекле [1]. По установившейся практике наиболее пригодными для стекловарения считаются пески со средним размером зерен 0,15...0,4 мм. Использование тонкодисперсных кварцевых частиц (при размере зерен менее 0,1 мм) приводит к комкованию шихты и, следовательно, к замедлению стеклообразования. Для уменьшения комкования требуется применять методы подготовки шихты, обеспечивающие равномерное взаимное распределение компонентов в смеси. Одним из таких способов подготовки шихты является уплотнение, которое позволяет значительно улучшить основные показатели работы стекловаренного цеха, а также успешно решать вопросы, связанные с улучшением условий труда и охраны окружающей среды [3].

Таблица 1. *Химический состав кремнеземсодержащего сырья*

Материал	Содержание компонентов, мас. %								
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	BaO	TiO_2	F	C	ппп
Кварцевый концентрат	96,4	2,36	0,15	0,01	0,01	0,1	0,6	0,01	0,35
Кварцевый песок	Не менее 95,0	Не более 2,0	Не более 0,05	–	–	–	–	–	–

Таблица 2. Составы стекольных шихт

Шихта	Содержание компонентов в шихте, вес. ч.					
	Песок	Кварцит	Доломит	Полевой шпат	Сульфат натрия	Сода
Промышленного состава	65,35	–	20,33	9,71	0,98	24,09
С заменой песка на концентрат						
12 %	53,35	12	20,33	9,71	0,98	24,09
50 %	32,68	32,68	20,33	9,71	0,98	24,09
100 %	–	73,03	20,72	1,65	1,03	25,26

Таблица 3. Результаты по уплотнению шихты методом окатывания и прессования

Шихта	Метод уплотнения					
	Окатывание					Прессование
	Время гранулирования, мин	Влажность гранул, мас. %	Выход гранул, мас. %	Прочность гранул на сжатие, МПа		Прочность плиток на сжатие, МПа
				сырых	через 10 мин	
Промышленного состава	15...20	23...24	70	0,15...0,20	0,28...0,30	2,2...3,8
С заменой песка на концентрат 12 %	15...20	23...24	72...75	0,15...0,20	0,25...0,30	2,5...3,7
50 %	20...25	24...26	90...95	0,18...0,20	0,30...0,35	4,5...5,2
100 %	20...25	25...27	95...97	0,13...0,20	0,25...0,29	0,8...1,1

В данной работе уплотнение осуществляли методом окатывания и прессования. Для этого готовили шихту промышленного состава и модельные шихты с 12, 50 и 100 % заменой песка на кварцевый концентрат, составы приведены в табл. 2.

Уплотнение методом окатывания осуществляли на тарельчатом грануляторе с диаметром тарели 0,5 м, скоростью вращения 38 об/мин и углом наклона 47°. Прессование проводили в металлической обойме цилиндрической формы на гидравлическом прессе при давлениях 10...15 МПа. Перед прессованием шихту увлажняли до 7 мас. %, подогревали до 50...60 °С и перемешивали в течение 0,5 мин. Результаты опытов по уплотнению стекольных шихт приведены в табл. 3.

Как видно из полученных данных, замена в составе шихты песка на концентрат приводит к увеличению выхода гранулированного продукта до 95...97 %, что свидетельствует о стабилизации процесса гранулообразования. Однако, из-за высокого влагосодержания (23...27 %) и низкой механической прочности гранул, в технологический процесс следует вводить операцию сушки, что связано с дополнительными энергозатратами.

Все образцы, полученные прессованием, имели достаточно высокую прочность, значения которой находились в интервале 0,8...5,2 МПа. Причем, максимальное значение прочности имели образцы из шихты с 50 % заменой песка на концентрат. Сравнительно низкая механическая прочность образцов из шихты со 100 % заменой песка на концентрат связана с недостаточным количеством влаги и неравномерным ее распределением в объеме образца, что приводит к уменьшению числа коагуляционных контактов, обеспечивающих начальную прочность образцов [4]. Увеличение влагосодержания шихты до 9 мас. %, а давления прессования до 20 МПа позволило получить образцы прочностью до 6,5 МПа.

Замена традиционных материалов в технологии стекла оказывает влияние не только на свойства и способ подготовки стекольных шихт, но и на процесс варки. Для проведения лабораторных варок готовили шихты промышленного состава и с заменой песка на концентрат. Расчеты рецептов шихт показали, что для сохранения состава стекла замена песка на концентрат не должна превышать 12 мас. %. При более высоком содержании концентрата в шихте количество оксида алюминия в стекле превышает допускаемое значение. Полная

Таблица 4. Составы шихт и стекла на основе песка и концентрата

Сырьевые материалы	Состав шихты, вес. ч.	Содержание оксидов в стекле, мас. %				
		SiO_2	Na_2O	CaO	Al_2O_3	Fe_2O_3
Шихта на основе кварцевого песка						
Песок	65,35	64,77	–	0,16	0,14	0,05
Сода	24,09	–	13,79	–	–	–
Доломит	20,33	0,23	0,03	10,55	0,14	0,06
Полевой шпат	9,71	6,81	0,83	0,05	1,91	0,02
Сульфат натрия	0,98	–	0,43	–	–	–
Состав стекла по расчету	–	71,81	15,08	10,76	2,19	0,14
Шихта на основе кварцевого концентрата (100 % замена песка)						
Концентрат	73,03	70,41	–	–	1,72	0,11
Сода	25,26	–	14,46	–	–	–
Доломит	20,72	0,24	0,03	10,75	0,14	0,06
Полевой шпат	1,65	1,16	0,14	0,01	0,32	–
Сульфат натрия	1,03	–	0,45	–	–	–
Состав стекла по расчету	–	71,81	15,08	10,76	2,19	0,18

Таблица 5. *Характеристики образцов стекла*

Шихта	Визуальный осмотр образцов стекла, отобранных при температуре	
	1250 °С	1450 °С
Промышленного состава (порошкообразная)	Непровар в виде отдельных зерен кварца, небольшое количество крупных пузырей	Частичный непровар, крупные (> 0,8 мм) пузыри, зеленоватый оттенок
С заменой песка: 100 % (порошкообразная)	Присутствие отдельных зерен кварца, большое количество мелких пузырей	Отсутствие непровара, большое количество мелких (< 0,8 мм) пузырей, свиль, зеленоватая окраска
100 % (компактированная)	Отсутствие непроваренных зерен кварца, сравнительно небольшое количество пузырей	Отсутствие непровара, небольшое количество мелких пузырей (< 0,8 мм), зеленоватая окраска
12 % (компактированная)	То же	То же

замена песка концентратом требует корректировки рецепта шихты, а именно, изменения количества полевого шпата – основного источника оксида алюминия в стекле. Составы шихт и стекол, полученные расчетным путем представлены в табл. 4.

Стекла варили из порошкообразных и компактированных шихт. Варку стекла осуществляли в электрической печи со скоростью нагрева 5 град/мин. Максимальная температура варки составляла 1450 °С. Отбор проб для анализа проводили при температурах 1250 и 1450 °С. Время выдержки проб при данных температурах составляло во всех опытах 20 мин. Отобранные пробы стекла подвергали визуальному осмотру (табл. 5).

Результаты варок показали, что в пробах стекла, отобранных при 1240 °С, в случае использования порошкообразной шихты имеется непровар в виде отдельных зерен кварца и небольшое количество крупных пузырей, в то время, как в пробах стекла из компактированной шихты непровар отсутствует. Это указывает на увеличение скорости реакций силикатообразования в случае использования концентрата в составе стекольной шихты для производства листового стекла.

Стадия осветления при варке порошкообразных шихт с концентратом протекает медленнее, о чем свидетельствует наличие в образцах стекла, отобранных при температуре 1450 °С, большого количества мелких пузырей. Значительно меньшее количество пузырей содержится в образцах стекла, сваренных из компактированной шихты со 100 % заменой песка на концентрат. Необходимо отметить, что эти образцы стекла приобретают более интенсивную зеленую окраску.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали принципиальную возможность использования концентрата в технологии производства листового стекла. При этом в случае замены песка концентратом более чем на 12 % требуется проводить корректировку рецепта стекольной шихты. В качестве эффективного способа приготовления шихты на основе концентрата рекомендуется использовать уплотнение методом прессования, которое позволяет на 15...20 % снизить пыление шихты на всех стадиях ее подготовки и транспортировки, а также оказывает положительное влияние на процесс варки и качество стекла [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Парюшкина О.В., Мамина Н.А., Панкова Н.А., Матвеев Г.М. Стекольное сырье России. – М.: АО "Силинформ", 1995. – 84 с.
2. Шапилова М.В., Барышников Ю.А. Охрана труда в производстве стеклянной тары и сортовой посуды. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 202 с.
3. Мелконян Р.Г. Аморфные горные породы и стекловарение. – М.: НИА "Природа", 2002. – 263 с.
4. Крашенинникова Н.С. Уплотнение стекольных шихт. Дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 1990. – 212 с.